# การประเมินผลผลิตและเสถียรภาพผลผลิตของอ้อยโคลนอู่ทองในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

# Evaluation of Yield and Yield Stability of U-Thong Cane Clones at Different Environments

ปิยธิดา อินทร์สุข[1/] วัลลีย์ อมรพล[2/] มนตรี ปานตู[3/] กาญจนา หนูแก้ว[1/]

Piyatida Insuk[1/] Wanlee Amonpon[2/] Montree Pantoo[3/] Kanchana Nukaeo[1/]

*Received 21 Sept. 2022/Revised 10 Nov. 2022/Accepted 09 Dec. 2022*

## ABSTRACT

Evaluation of yield stability under multi–environment yield trial is one step in sugarcane breeding important to selection and assessing the potential. The purposes of this study were to evaluate the production and selection of high yield, high sugar yield, the potential and yield stability of 1 clone of U-Thong cane 2010 series and 7 clones of U-Thong cane 2015 series, using Khon Kaen 3 and LK92-11 as checked varieties. Trials were conducted at 3 locations: Suphan Buri Field Crops Research Center, Rayong Field Crops Research Center and Phetchaburi Agricultural Research and Development Center. The trials were carried out from November 2019 to January 2021. The data were analysed by GGE biplot method. Results showed that cane yield, commercial cane sugar (CCS) and sugar yield were most affected by environments at 63.09%, 35.80% and 69.87%, respectively, while effects of genetic were 12.15%, 29.64% and 10.35%, respectively. Effects of interaction between genetic and environment were 10.60% for cane yield, 11.87% for CCS and 5.63% for sugar yield. The GGE biplot analysis revealed that clone UT10-023 had cane yield and sugar yield similar to that of Khon Kaen 3. Furthermore, the evaluation of the specific outstanding varieties and locations revealed that both clone UT10-023 and Khon Kaen 3 had specific locations for sugar yield. However, clone UT10-023 showed outstanding stability in sugar yield over Khon Kaen 3.

**Key words:** sugarcane, yield and sugar yield, yield stability

[1/] ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี 72160

[1/] Suphan Buri Field Crops Research Center, U-Thong, Suphan Buri. 72160

[2/] ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อ.เมือง จ.ระยอง 21150

[2/] Rayong Field Crops Research Center, Mueang, Rayong. 21150

[3/] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 76120.

[3/] Phetchaburi Agricultural Research and Development Center, Cha-am, Phetchaburi 76120

*** Corresponding author: piyatida.6321@gmail.com**

## บทคัดย่อ

การประเมินผลผลิตอ้อยในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เป็นขั้นตอนหนึ่งในการปรับปรุงพันธุ์อ้อย เพื่อใช้คัดเลือก และประเมินศักยภาพของอ้อย งานวิจัยนี้จึงทำการทดสอบเพื่อประเมินผลผลิตและคัดเลือกโคลนอ้อยที่ให้ผลผลิตอ้อย และผลผลิตน้ำตาลสูง พร้อมทั้งประเมินเสถียรภาพของอ้อยโคลนอู่ทอง ชุดปี 2553 จำนวน 1 โคลน และ ชุดปี 2558 จำนวน 7 โคลน โดยมีอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และ LK92-11 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ดำเนินการทดสอบ 3 พื้นที่ ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี ระหว่าง เดือน พ.ย. 2562 ถึง ม.ค. 2564 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี GGE biplot พบว่า อ้อยโคลน UT10-023 เป็นโคลนดีเด่นที่ให้ผลผลิตอ้อย และผลผลิตน้ำตาล ในระดับใกล้เคียงกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 สำหรับการประเมินเสถียรภาพผลผลิตน้ำตาลของโคลนดีเด่นกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ พบว่า โคลน UT10-023 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีความจำเพาะกับสภาพแวดล้อมที่ทดลอง แต่อ้อยโคลน UT10-023 มีเสถียรภาพสูงกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 เนื่องจากปลูกในแปลงทดลองทั้ง 3 แห่ง สามารถให้ผลผลิตอยู่ในระดับเดียวกันและปรับตัวได้ดีกับทุกสภาพแวดล้อม



**คำสำคัญ:** อ้อย, ผลผลิต, ผลผลิตน้ำตาล, เสถียรภาพผลผลิต


## บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยไม่ต่ำกว่า 100,000 ล้านบาท/ปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานน้ำตาลทั้งหมด 58 แห่ง ต้องการอ้อยเข้าหีบมากกว่า 100 ล้านตัน/ปี แต่ผลผลิตอ้อยทั้งประเทศยังน้อยกว่ากำลังการผลิตของโรงงานมาก สถานการณ์พื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2564/65 มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 11 ล้านไร่ เพิ่มขึ้น 1.47% ของปีการผลิต 2563/64 และอ้อยส่งเข้าโรงงานทั้งประเทศมีปริมาณ 92 ล้านตัน เพิ่มขึ้น 25 ล้านตัน คิดเป็น 38% เนื่องจากปริมาณน้ำฝนมีการกระจายตัวมากกว่าปีที่ผ่านมา ประกอบกับราคาอ้อยสูงขึ้น เกษตรกรจึงหันมาปลูกอ้อยเพิ่มขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) แนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตอ้อย สามารถทำได้โดยการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้อ้อยที่ให้ผลผลิตและคุณภาพความหวานสูงทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ ทดแทนอ้อยพันธุ์เก่าที่เริ่มเสื่อมคุณภาพ และต้องดำเนินการร่วมไปกับงานวิจัยด้านอื่นทั้งด้านการตอบสนองของพันธุ์และปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมในแต่ละแหล่งปลูก รวมทั้งการบริหารจัดการแมลงศัตรูอ้อย โรคอ้อย และวัชพืช

ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีได้ดำเนินการผสมพันธุ์อ้อย คัดเลือก และทดสอบผลผลิตในพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย ซึ่งมีความหลากหลายในเรื่องสภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะของเนื้อดิน ปริมาณน้ำฝน ตลอดจนการจัดการในไร่ของเกษตรกร โดยมีพันธุ์ ขอนแก่น 3 และพันธุ์ LK92-11 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ เนื่องจากเป็นพันธุ์อ้อยที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุดในพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย (ประสิทธิ์ และคณะ, 2563) และในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์อ้อย จำเป็นต้องมีการทดสอบพันธุ์อ้อยในสภาพแวดล้อมที่เป็นแหล่งปลูก เพื่อให้ได้พันธุ์อ้อยที่มีเสถียรภาพสูง มีการปรับตัวในการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ต้องมีผลผลิตค่า CCS และ ผลผลิตน้ำตาลสูง แต่การตอบสนองของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมหรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (interaction) มีอิทธิพลอย่างมากในการประเมินเสถียรภาพของพันธุ์ เนื่องจาก

สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ของแต่ละสถานที่ทดลอง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์อ้อย ทั้งด้านคุณภาพและผลผลิต ทำให้นักปรับปรุงพันธุ์ต้องทำการทดสอบในหลาย ๆ พื้นที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุด สำหรับประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกพันธุ์ ซึ่งสามารถเลือกใช้พันธุ์ที่ดีและเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมกับศักยภาพของแต่ละพื้นที่ปลูก (วีระพล และคณะ , 2554)

การปลูกทดสอบผลผลิตในหลายสภาพแวดล้อม เป็นวิธีการประเมินเสถียรภาพผลผลิตจากค่าเฉลี่ยผลผลิตในหลายสถานที่ปลูกทดสอบ ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน แต่วิธี GGE biplot ที่ได้รับการพัฒนาโดย Yan *et al.* (2000) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ศักยภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์ในหลายสภาพแวดล้อม ช่วยจัดกลุ่มและวิเคราะห์รูปแบบการตอบสนองของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมได้ด้วยแผนภาพทวิ (biplot) ทำให้การแปรผลข้อมูลง่ายขึ้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำวิธี GGE biplot มาใช้ในการประเมินผลผลิตและคัดเลือกโคลนของอ้อยปลูกพันธุ์อู่ทอง ที่ให้ผลผลิตอ้อยสูง และผลผลิตน้ำตาลสูง โดยปลูกทดสอบในพื้นที่ 3 แห่ง ที่สภาพแวดล้อมต่างกัน สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง และมีเสถียรภาพของผลผลิตที่ดีเพื่อเข้าสู่การประเมินในขั้นตอนต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### พื้นที่และพันธุ์อ้อยทดสอบ

ทดสอบพันธุ์อ้อยโคลนอู่ทอง ชุดปี 2553 จำนวน 1 โคลน ได้แก่ UT10-023 และอ้อยโคลนอู่ทอง ชุดปี 2558 จำนวน 7 โคลน ได้แก่ UT15-034 UT15-060 UT15-094 UT15-147 UT15-267 UT15-299 และ UT15-337 โดยมีอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และ LK92-11 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ พื้นที่ทดสอบ 3 แห่ง ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี

### วิธีการปลูกและการจัดการ

ทำการวิเคราะห์ดินในพื้นที่ทดสอบทั้ง 3 แห่งก่อนการปลูกอ้อย โดยเก็บตัวอย่างดินที่ความลึกของดิน 25 ซม. และส่งวิเคราะห์ธาตุอาหารที่ห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยที่ทำแปลงทดสอบแต่ละแห่ง การปลูกใช้ระยะระหว่างแถว 1.5 ม. จำนวน 4 แถว ความยาวแถว 8 ม. พื้นที่เก็บเกี่ยว 24 ตร.ม. ปลูกโดยการวางท่อนพันธุ์ลงในร่องพร้อมใส่ปุ๋ยรองพื้น 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ใช้ท่อนอ้อย 32 ท่อน/พื้นที่ ดำเนินการทดลองตั้งแต่ พ.ย. 2562 ถึง ม.ค. 2564 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ โดยทดสอบที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ในช่วงระหว่าง 4 ม.ค. 2563 – 14 ม.ค. 2564 ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองระหว่าง 28 พ.ย. 2562-16 ธ.ค. 2563 และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี ระหว่าง 19 ธ.ค. 2562 -11 ม.ค. 2564 (Table 1) บันทึกข้อมูล วันปลูก วันงอก ใส่ปุ๋ย และให้น้ำ วันเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์ความงอก จำนวนลำต่อกอ ความสูง การเข้าทำลายของโรค/แมลง การออกดอก ค่าบริกซ์ องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตอ้อย ผลผลิตน้ำตาล ค่า commercial cane sugar (CCS) โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่างและสูตรในการคำนวณ ดังนี้

#### ผลผลิตอ้อย

ชั่งน้ำหนักอ้อย 2 แถวกลางของแต่ละแปลงย่อย คำนวณเป็นผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่) ตามสมการดังนี้

$$\text{ผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักอ้อยในพื้นที่เก็บเกี่ยว (กก.)} \times \text{พื้นที่ 1 ไร่ (1,600 ตร.ม.)}}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (ตร.ม.)} \times 1{,}000}$$

**ค่า commercial cane sugar (CCS)**

เก็บตัวอย่างอ้อยเมื่อถึงอายุเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยของทุกแปลงทดสอบ จำนวน 10 ลำ โดยเลือกลำที่แก่ที่สุดของแต่ละกอ ตัดอ้อยเป็นลำแล้วนำส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่า CCS ด้วยเครื่อง automatic saccharomat NIR ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ภายใน 48 ชม. หลังการเก็บเกี่ยว คำนวณผลผลิตน้ำตาล ตามสมการ

$$\text{ผลผลิตน้ำตาล (ตัน CCS /ไร่)} = \frac{\text{ผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่)} \times \text{ค่า CCS}}{100}$$

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ ด้วยวิธี GGE biplot ตามวิธีของ ชูศักดิ์ (2559) โดยการวิเคราะห์ผลทางสถิติทั้งหมดโดยใช้โปรแกรม R 4.2.1

**Table 1** Planting date, harvesting date and rainfall during the growing season in each location

| Location | Planting date | Harvesting date | Rainfall (mm.) |
|---|---|---|---|
| Suphan Buri (SP) | 14 Jan 2020 | 4 Jan 2021 | 942.6 |
| Rayong (RY) | 28 Nov 2019 | 16 Dec 2020 | 1,851.3 |
| Phetchaburi (PB) | 19 Dec 2019 | 11 Jan 2021 | 1,157.8 |

## ผลการทดลองและวิจารณ์

**สภาพแวดล้อมของแปลง**

จากผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า ดินที่แปลงทดสอบศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี เป็นดินร่วน มีค่าอินทรียวัตถุ 1.27% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 80.9 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 138.3 มก./กก. ส่วนแปลงที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองเป็นดินทราย มีค่าอินทรียวัตถุ 0.66% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 15.0 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 16.0 มก./กก. และแปลงที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี เป็นดินทรายร่วน มีค่าอินทรียวัตถุ 0.96% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 12.9 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 113.9 มก./กก. (Table 2) เห็นได้ว่าแปลงทดสอบทั้ง 3 แห่ง มีลักษณะดิน และธาตุอาหารแตกต่างกัน แปลงทดสอบที่ จ. สุพรรณบุรี มีอินทรียวัตถุ และค่าธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช สูงกว่าแปลงทดสอบที่ จ.ระยอง และ จ.เพชรบุรี นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างช่วงเวลาปลูก ถึงเก็บเกี่ยวในแต่ละพื้นที่ มีความแตกต่างกันด้วย

**Table 2** Soil analysis in 0-25 cm. depth before planting at 3 locations

| Locations | Soil Texture | pH (Soil:$H_2O$) (1:1) | Organic Matter (%) | Available $P_2O_5$ (ppm) | Exch.$K_2O$ (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|
| Suphan Buri (SP) | Loam | 6.8 | 1.27 | 80.9 | 138.3 |
| Rayong (RY) | Sandy | 4.3 | 0.66 | 15.0 | 16.0 |
| Phetchaburi (PB) | Sandy loam | 5.7 | 0.96 | 12.9 | 113.9 |

**ผลผลิตอ้อย**

ผลผลิตอ้อยของทั้ง 3 พื้นที่ปลูก พบว่า แปลงที่ จ.สุพรรณบุรี โคลน UT10-023 ให้ผลผลิตมากที่สุด 27.22 ตัน/ไร่ แปลงที่ จ.ระยอง โคลน UT15-299 ให้ผลผลิตสูงสุด 17.47 ตัน/ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจาก UT15-337, ขอนแก่น 3, UT15-094, UT15-060, UT15-147 และ UT15-267 ซึ่งให้ผลผลิต 16.41, 15.61, 15.00, 14.98, 14.47 และ 14.43 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (Table 3) ส่วนแปลงที่ จ. เพชรบุรี โคลน UT10-023 และ UT15-337 ให้ผลผลิตสูงสุด 26.28 และ 25.62 ตัน/ไร่ โคลนที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตอ้อยทั้ง 3 แปลง สูงสุด คือ โคลน UT10-023 มีผลผลิตเฉลี่ย 22.36 ตัน/ไร่ รองลงมาได้แก่ โคลน UT15-337 UT15-299 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งมีผลผลิตอ้อยเฉลี่ย 21.26, 20.07 และ 19.83 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับ วัลลีย์ (2555) ได้กล่าวว่า ดินทรายที่เป็นกรดจัดและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก หากใช้พื้นที่ดังกล่าวปลูกอ้อยโดยไม่มีการปรับปรุงดิน ทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ซึ่งเห็นว่าแปลงระยองให้ผลผลิตอ้อยต่ำกว่าอีก 2 แปลง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของอ้อย 8 โคลน และ 2 พันธุ์ ในพื้นที่ปลูก 3 พื้นที่ พบว่า พันธุ์ สภาพแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ส่งผลต่อผลผลิตอ้อย ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยความแปรปรวนของผลผลิตอ้อย ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาล ได้รับอิทธิพลส่วนใหญ่มาจากสภาพแวดล้อม (Table 4) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ ค่า sum of squares (%SS) 63.09, 35.80 และ 69.87% ตามลำดับ ส่วนอิทธิพลของพันธุ์มีค่า %SS 12.15, 29.64 และ 10.35% ตามลำดับ และอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมมีค่า %SS 10.60, 11.87 และ 5.63% ตามลำดับ สอดคล้องกับ เจตษฎา และคณะ (2559) ที่พบว่า ความแปรปรวนของผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการทดสอบพันธุ์ในพื้นที่ปลูกหลายสภาพแวดล้อม เป็นผลมาจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเป็นส่วนใหญ่ เช่นเดียวกับ ศศิประภา และเรวัต (2563) ได้ทำการทดสอบเสถียรภาพของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน ชุดปี 2007 และ 2008 ด้วยวิธี GGE Biplot ในภาคกลาง พบว่า ปัจจัยสภาพแวดล้อมในภาคกลางมีผลต่อความแปรปรวนของผลผลิตอ้อย CCS และผลผลิตน้ำตาลสูงมากกว่า 40%

**เสถียรภาพของพันธุ์ด้านผลผลิตอ้อย**

การวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ พบว่า พันธุ์ในอุดมคติควรจะมีอิทธิพลหลักที่ 1 (AXIS 1) มีค่าสูง คือ มีความสามารถในการให้ผลผลิตสูง และอิทธิพลหลักที่ 2 (AXIS 2) ใกล้กับค่าศูนย์ (Figure 1) แสดงว่า มีเสถียรภาพของพันธุ์สูง (ชูศักดิ์, 2559) ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงของลักษณะผลผลิตอ้อย ได้แก่ โคลน UT15-337 เนื่องจาก ให้ผลผลิตอ้อยไม่แตกต่างกันทั้ง 3 พื้นที่ทดสอบ ส่วนโคลน UT10-023 ให้ผลผลิตอ้อยสูงสุด แต่มีเสถียรภาพปานกลาง และโคลน UT15-147 UT15-094 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตปานกลาง แต่มีเสถียรภาพสูง ซึ่งโคลน UT15-067 ให้เสถียรภาพสูงแต่มีผลผลิตต่ำ ดังนั้น โคลน UT15-337 จึงเหมาะสมที่สุดในการแนะนำให้ปลูกในสภาพแวดล้อมทั่วไป รองลงมา คือ UT10-023 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ตามลำดับ สอดคล้องกับ กัลยา และคณะ (2557) ได้สรุปไว้ว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดีเด่นในผลผลิตอ้อยทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ

**Table 3** Comparison of cane yield of 8 U-Thong clones and 2 cane varieties (KK3 and LK92-11) grown under 3 locations

| Clones/ Varieties | Cane yield (ton/rai) | | | Mean |
|---|---|---|---|---|
| | Suphan Buri | Rayong | Phetchaburi | |
| UT10-023 | 27.22 a | 13.59 bcd | 26.28 a | 22.36 |
| UT15-034 | 22.45 b | 11.48 cd | 18.43 b | 17.45 |
| UT15-060 | 23.50 b | 14.98 ab | 18.89 b | 19.12 |
| UT15-094 | 21.86 b | 15.00 ab | 21.67 b | 19.51 |
| UT15-147 | 21.49 b | 14.47 abc | 22.20 b | 19.39 |
| UT15-267 | 21.88 b | 14.43 abc | 18.94 b | 18.42 |
| UT15-299 | 23.69 b | 17.47 a | 19.04 b | 20.07 |
| UT15-337 | 21.74 b | 16.41 ab | 25.62 a | 21.26 |
| KK3 | 22.65 b | 15.61 ab | 21.23 b | 19.83 |
| LK92-11 | 20.20 b | 10.93 d | 18.94 b | 16.69 |
| Mean | 22.67 | 14.44 | 21.12 | 19.41 |
| F-test | * | ** | ** | |
| CV (%) | 10.22 | 14.72 | 10.63 | |

Mean in the same column, followed by a common letter are not significantly difference at the 1% and 5% level by DMRT

* Significantly difference at P < 0.05, ** Significantly difference at P <0.01

**Table 4** Sum of square and sum of square percentages of combined analysis of variance for cane, yield CCS and sugar yield of 8 cane U-Thong clones and 2 cane varieties (KK3 and LK92-11) at 3 locations

| Source of variation | Df | Cane yield | | CCS | | Sugar yield | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SS | %SS | SS | %SS | SS | %SS |
| Environments (E) | 2 | 1,597.4 | 63.09** | 144.4 | 35.80** | 47.32 | 69.87** |
| Replication within E | 9 | 129.4 | | 26.9 | | 3.37 | |
| Genotype (G) | 9 | 307.5 | 12.15** | 119.6 | 29.64** | 7.01 | 10.35** |
| GxE interaction | 18 | 268.3 | 10.60** | 47.9 | 11.87** | 3.81 | 5.63** |
| Pooled error | 81 | 358.6 | 14.16 | 91.6 | 22.69 | 9.59 | 14.16** |
| Total | 119 | 2,661.2 | | 430.4 | | 71.10 | |
| CV (%) | | 12.83 | | 9.53 | | 16.67 | |

ns = not significant, * Significantly difference at P < 0.05, ** Significantly difference at P <0.01

**การประเมินความจำเพาะของพันธุ์ดีเด่นกับแปลงทดสอบด้านผลผลิตอ้อย**

จากการวิเคราะห์ศักยภาพการให้ผลผลิตอ้อยของพันธุ์ดีเด่นในแต่ละสภาพแวดล้อม (Figure 2) พบว่า ผังภาพแบบ symmetrical ที่สร้างเป็นรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) และแบ่งรูปหลายเหลี่ยมออกเป็นส่วน ๆ ซึ่ง พันธุ์ที่อยู่มุมสุด (Vertex) ในแต่ละส่วนจะเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตดีที่สุดในส่วนนั้น ๆ (ชูศักดิ์, 2559) โดยโคลนที่ดีเด่นในลักษณะผลผลิตอ้อยที่แปลงทดสอบทั้งหมด ได้แก่ UT15-337 ส่วนโคลนที่ดีเด่นกับแปลงสุพรรณบุรีและแปลงเพชรบุรี ได้แก่ โคลน UT10-023 และ UT15-337 ส่วนโคลนที่มีความดีเด่นในลักษณะผลผลิตอ้อยที่แปลงระยอง ได้แก่ UT15-337 UT15-299 ทั้งนี้ พันธุ์ LK92-11, UT15-034 UT15-267 ไม่มีความดีเด่นในทุกแปลงทดสอบ

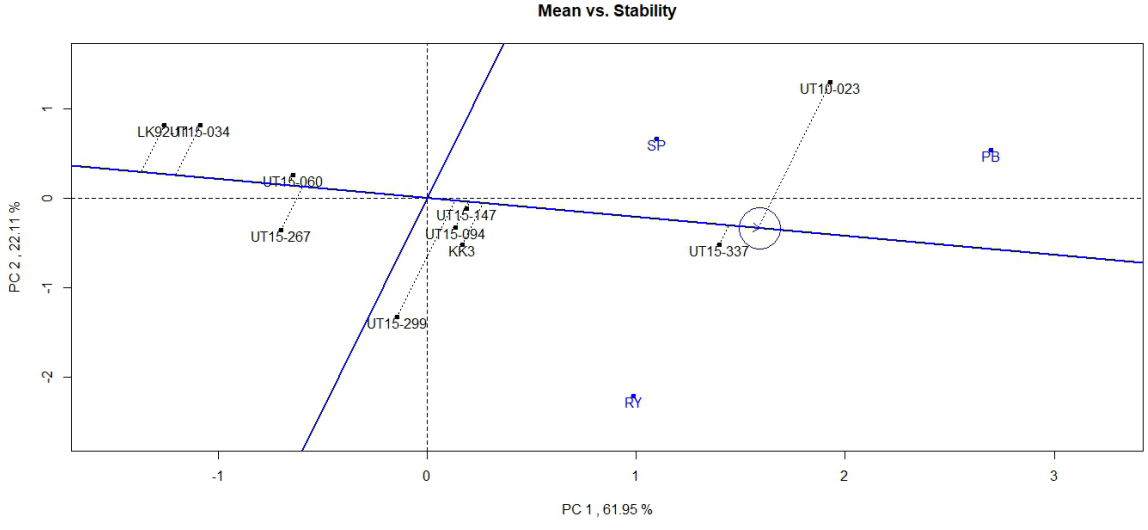


**Figure 1** The 'mean yield vs. stability' view of the GGE biplot based on a genotype x environment yield data of 8 cane U-Thong clones and 2 cane varieties (KK3 and LK92-11) evaluated under three environment trails (Suphanburi, Rayong and Phetchaburi provinces) during 2019-2022

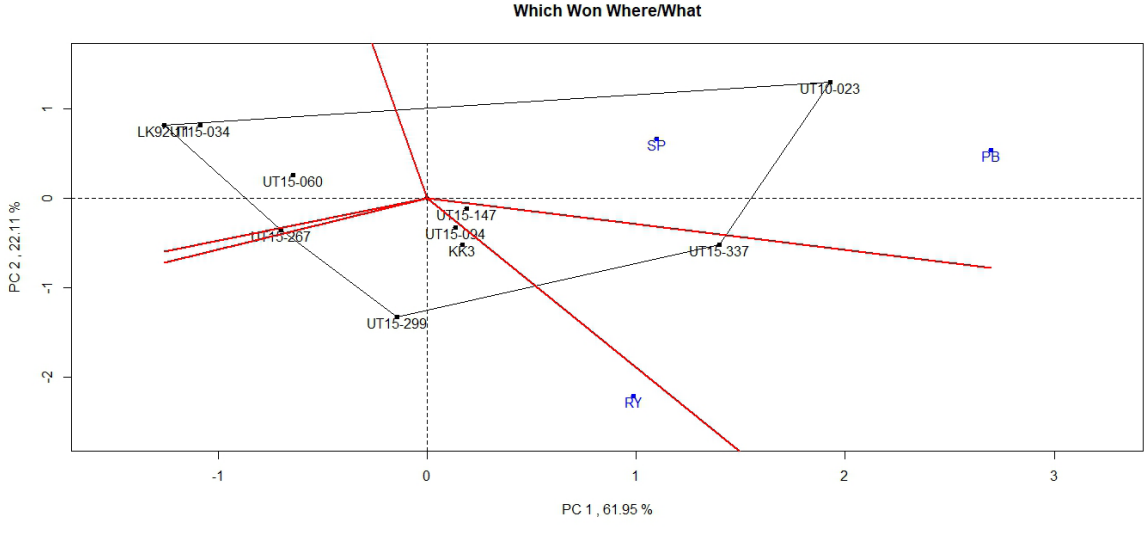


**Figure 2** The which-won-where view of the GGE biplot showing which varieties performed better in which environments for 8 cane U-thong clones and 2 cane varieties (KK3 and LK92-11)

**ค่า commercial cane sugar (CCS)**

เมื่อพิจารณาค่า CCS ในแปลงทดสอบทั้ง 3 แห่ง พบว่า แปลงที่ จ. สุพรรณบุรี และแปลงที่ จ.ระยอง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแปลงที่ จ. เพชรบุรี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 5) โดยพบว่า แปลงที่ จ. สุพรรณบุรี พันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ค่า CCS มากที่สุด 15.20 ซึ่งไม่แตกต่างพันธุ์ LK92-11 ที่ให้ค่า CCS 14.30 ส่วนแปลงระยอง พันธุ์ LK92-11 ให้ค่า CCS สูงสุด 12.30 ไม่แตกต่างจากพันธุ์ขอนแก่น 3 UT15-060 UT10-023 UT15-094 UT15-034 ซึ่งให้ค่า CCS 12.14, 11.44, 11.41, 11.14 และ 10.66 ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ย CCS ของอ้อยจากแปลงทดสอบที่ จ.สุพรรณบุรี และ จ.เพชรบุรี สูงกว่าแปลงที่ จ.ระยอง เนื่องจากเนื้อดินเป็นดินร่วนและร่วนทราย ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ของดินมากกว่าดินทราย (Table 2) รวมทั้งปริมาณน้ำฝนช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวของแปลงที่ จ.ระยองสูงกว่า แปลงที่ จ.สุพรรณบุรี และ จ.เพชรบุรี จึงทำให้ ค่า CCS ต่ำกว่าแปลงอื่น สอดคล้องกับ ทิวาพร และคณะ (2558) ที่กล่าวว่า ปริมาณน้ำฝนก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน มีอิทธิพลต่อค่า CCS ทำให้ค่า CCS ลดลง วราภรณ์, (2556) กล่าวว่า พันธุ์อ้อยตอบสนองต่อลักษณะ CCS ต่อปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,400 มม. ตรงกับแปลง จ.ระยอง ที่มีปริมาณน้ำฝน มากถึง 1,851.3 ม.ม. (Table 1) ทำให้มีค่า CCS ต่ำกว่าอีก 2 แปลง

อ้อยโคลนที่มีค่าเฉลี่ย CCS ทั้ง 3 แปลง สูงสุด คือ พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า CCS เฉลี่ย 13.83 รองลงมา ได้แก่ LK92-11, UT15-034, UT15-060 และ UT10-023 ซึ่งมี CCS เฉลี่ย 13.05, 12.76, 12.75 และ 12.40 ตามลำดับ (Table 5)

**Table 5** Comparison CCS of 8 U-Thong clones and 2 cane varieties (KK3 and LK92-11) grown under 3 locations

| Clones/ Varieties | CCS | | | Mean |
|---|---|---|---|---|
| | Suphan Buri | Rayong | Phetchaburi | |
| UT10-023 | 12.82 cd | 11.41 abc | 12.97 | 12.40 |
| UT15-034 | 13.79 bc | 10.66 a-d | 13.82 | 12.76 |
| UT15-060 | 13.84 bc | 11.44 abc | 12.96 | 12.75 |
| UT15-094 | 11.66 de | 11.14 abc | 12.02 | 11.61 |
| UT15-147 | 12.13 de | 10.44 bcd | 12.20 | 11.59 |
| UT15-267 | 12.63 cde | 9.19 d | 12.28 | 11.37 |
| UT15-299 | 11.35 e | 6.91 e | 12.21 | 10.16 |
| UT15-337 | 12.92 bcd | 10.04 cd | 11.64 | 11.53 |
| KK3 | 15.20 a | 12.14 ab | 14.14 | 13.83 |
| LK92-11 | 14.30 ab | 12.30 a | 12.54 | 13.05 |
| Mean | 13.06 | 10.57 | 12.68 | 12.10 |
| F-test | ** | ** | ns | |
| CV (%) | 6.71 | 9.95 | 9.56 | |

Mean in the same column, followed by a common letter are not significantly difference at the 1% level by DMRT
ns= not significant, ** Significantly difference at P <0.01

**เสถียรภาพของพันธุ์สำหรับลักษณะ CCS**

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ พบว่า พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงในลักษณะ CCS ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 ส่วนโคลน UT10-023 มีเสถียรภาพสูง แต่ค่า CCS ต่ำกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 โคลน UT15-034 UT15-060 และ พันธุ์ LK92-11 มีเสถียรภาพปานกลาง แต่ให้ค่า CCS ค่อนข้างสูง (ตามลำดับ) ขณะที่โคลน UT15-337 มีเสถียรภาพสูง แต่มีค่า CCS ต่ำ (Figure 3)

**การประเมินความจำเพาะของพันธุ์ดีเด่นกับแปลงทดสอบสำหรับลักษณะ CCS**

จากการวิเคราะห์ศักยภาพสำหรับค่า CCS ของพันธุ์ดีเด่นในแต่ละสภาพแวดล้อม พบว่า โคลน/พันธุ์ที่ดีเด่นกับแปลงทดสอบที่ จ.สุพรรณบุรี ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ จ.เพชรบุรี ได้แก่ UT15-034 ส่วนที่แปลง จ.ระยอง ได้แก่ พันธุ์ LK92-11 ทั้งนี้ โคลน UT15-094 และ UT15-299 ไม่มีความดีเด่นในทุกแปลงทดสอบสำหรับค่า CCS (Figure 4)

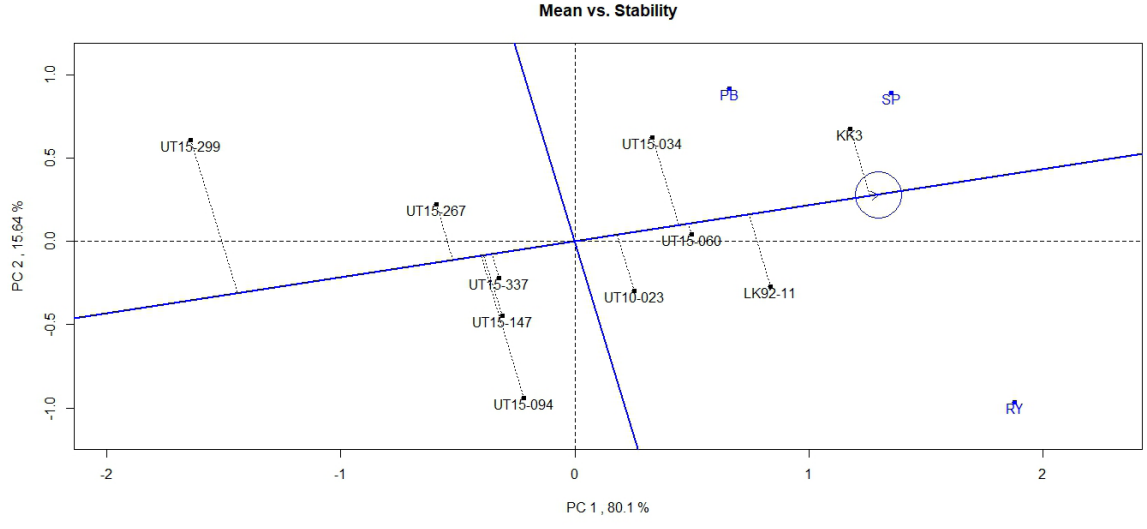


**Figure 3** The 'mean vs. stability' view of the GGE biplot based on a genotype x environment CCS data of 8 cane U-Thong clones and 2 cane varieties (KK3 and LK92-11) evaluated under three environment trails (Suphan Buri, Rayong and Phetchaburi provinces) during 2019-2022

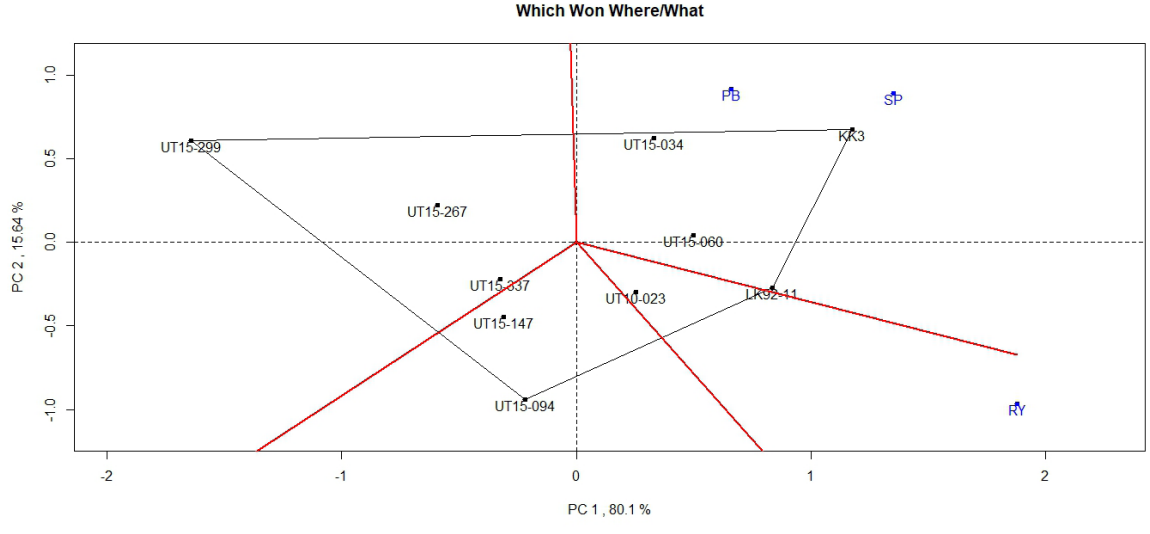


**Figure 4** The which-won-where view of the GGE biplot showing which varieties performed better in which environments for 8 cane clones and 2 cane varieties (KK3 and LK92-11)

**ผลผลิตน้ำตาล**

ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยจากแปลงทดสอบ พบว่า แปลงทดสอบที่ จ. สุพรรณบุรี และแปลงที่ จ.ระยอง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแปลงที่ จ. เพชรบุรี มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพบว่า แปลงที่ จ. สุพรรณบุรี โคลน UT10-023 ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงที่สุด 3.48 ตัน CCS /ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากพันธุ์ขอนแก่น 3 โคลน UT15-060, UT15-034, LK92-11 และ UT15-337 ซึ่งให้ผลผลิตน้ำตาล 3.43, 3.29, 3.09, 2.90 และ 2.83 ตัน CCS /ไร่ ตามลำดับ (Table 6) แปลงที่ จ.ระยอง พบว่า อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีผลผลิตน้ำตาลสูงที่สุด 1.90 ตัน CCS /ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจาก โคลน UT15-060 UT15-094 UT15-337 UT10-023 และ UT15-147 ซึ่งมีผลผลิตน้ำตาล 1.71, 1.68, 1.66, 1.55, และ 1.51 ตัน CCS /ไร่ ตามลำดับ ส่วนแปลงที่ จ.เพชรบุรี พบว่า โคลน UT10-023 ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงสุด 3.41 ตัน CCS /ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากโคลน UT15-337 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ให้ผลผลิตน้ำตาล 3.00 ตัน CCS /ไร่ เท่ากัน จึงเห็นได้ว่า แปลงที่ จ.ระยอง มีผลผลิตน้ำตาลต่ำกว่าแปลงทดสอบอีก 2 แห่ง ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตและค่า CCS ที่มีค่าต่ำกว่าอีก 2 แปลง เช่นกัน ทั้งนี้ เนื่องจากแปลงที่ จ.ระยอง เป็นพื้นที่ดินทรายประกอบกับผลผลิตและค่า CCS ต่ำอยู่แล้ว เมื่อนำมาคำนวณเป็นผลผลิตน้ำตาล จึงทำให้มีค่าผลผลิตน้ำตาลต่ำกว่าอีก 2 แปลง โคลนที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำตาลทั้ง 3 แปลง สูงสุด คือ โคลน UT10-023 มีผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.81 ตัน CCS/ไร่ รองลงมา ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 UT15-337 และ UT15-060 ซึ่งมีผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.78, 2.50 และ 2.48 ตัน CCS/ไร่ ตามลำดับ (Table 6)

**Table 6** Comparison sugar yield of 8 U-Thong clones and 2 cane varieties (KK3 and LK92-11) grown under 3 locations (Suphanburi, Rayong and Phetchaburi provinces) during 2019-2022

| Clones/ Varieties | Sugar yield (ton CCS/rai) | | | Mean |
|---|---|---|---|---|
| | Suphan Buri | Rayong | Phetchaburi | |
| UT10-023 | 3.48 a | 1.55 abc | 3.41 a | 2.81 |
| UT15-034 | 3.09 a-d | 1.21 c | 2.54 bc | 2.28 |
| UT15-060 | 3.29 abc | 1.71 ab | 2.44 c | 2.48 |
| UT15-094 | 2.55 d | 1.68 abc | 2.63 bc | 2.29 |
| UT15-147 | 2.60 d | 1.51 abc | 2.71 bc | 2.27 |
| UT15-267 | 2.77 bcd | 1.32 bc | 2.32 c | 2.14 |
| UT15-299 | 2.68 cd | 1.22 c | 2.30 c | 2.07 |
| UT15-337 | 2.83 a-d | 1.66 abc | 3.00 ab | 2.50 |
| KK3 | 3.43 ab | 1.90 a | 3.00 ab | 2.78 |
| LK92-11 | 2.90 a-d | 1.35 bc | 2.37 c | 2.21 |
| Mean | 2.96 | 1.51 | 2.67 | 2.38 |
| F-test | * | * | ** | |
| CV (%) | 13.88 | 18.76 | 12.29 | |

Mean in the same column, followed by a common letter are not significantly difference at the 1% and 5% level by DMRT

* Significantly difference at P < 0.05, ** Significantly difference at P <0.01

**เสถียรภาพของพันธุ์ด้านลักษณะผลผลิตน้ำตาล**

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ พบว่า พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงในลักษณะผลผลิตน้ำตาล ได้แก่ โคลน UT10-023 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ตามลำดับ ส่วนโคลน UT15-060 และUT15-337 มีเสถียรภาพสูง แต่มีผลผลิตน้ำตาลปานกลาง ขณะที่โคลน UT15-299 UT15-267 และ LK92-11 มีเสถียรภาพต่ำ และมีค่าผลผลิตน้ำตาลต่ำด้วย (Figure 5)

**การประเมินความจำเพาะของพันธุ์ดีเด่นกับแปลงทดสอบ ด้านลักษณะผลผลิตน้ำตาล**

จากการวิเคราะห์ศักยภาพการสำหรับค่าผลผลิตน้ำตาลของพันธุ์ดีเด่นในแต่ละสภาพแวดล้อม พบว่า พันธุ์ที่ดีเด่นในลักษณะผลผลิตน้ำตาลที่แปลงทดสอบทั้งหมด ได้แก่ UT10-023 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ส่วนโคลนที่ดีเด่นกับแปลงที่ จ.สุพรรณบุรี และ จ.เพชรบุรี ได้แก่ โคลน UT10-023 โคลนที่มีความดีเด่นในลักษณะผลผลิตน้ำตาลที่

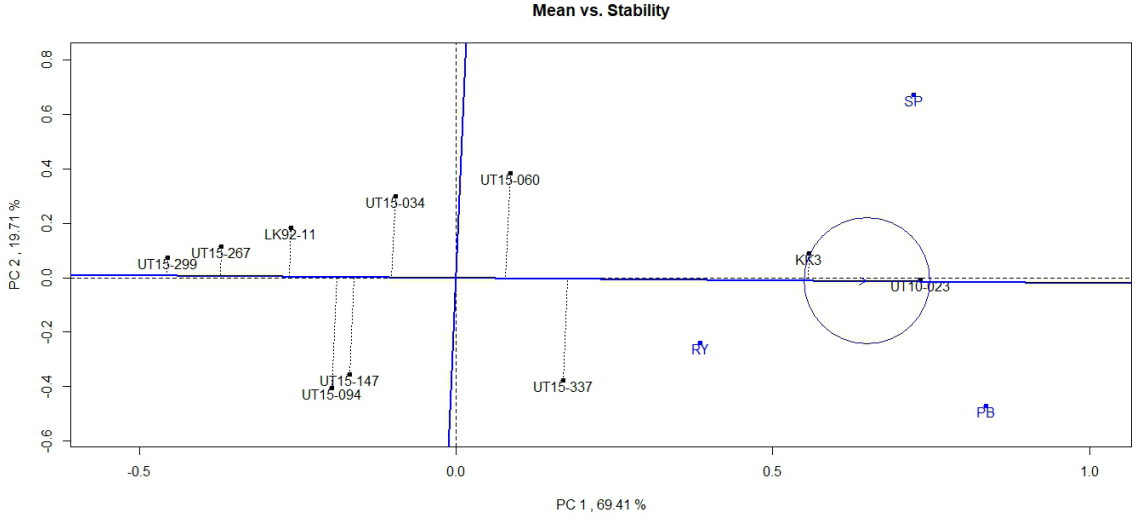


**Figure 5** The 'mean vs. stability' view of the GGE biplot based on a genotype x environment sugar yield data of 8 cane U-Thong clones and 2 cane varieties (KK3 and LK92-11) evaluated under three environments (Suphanburi, Rayong and Phetchaburi provinces) during 2019-2022

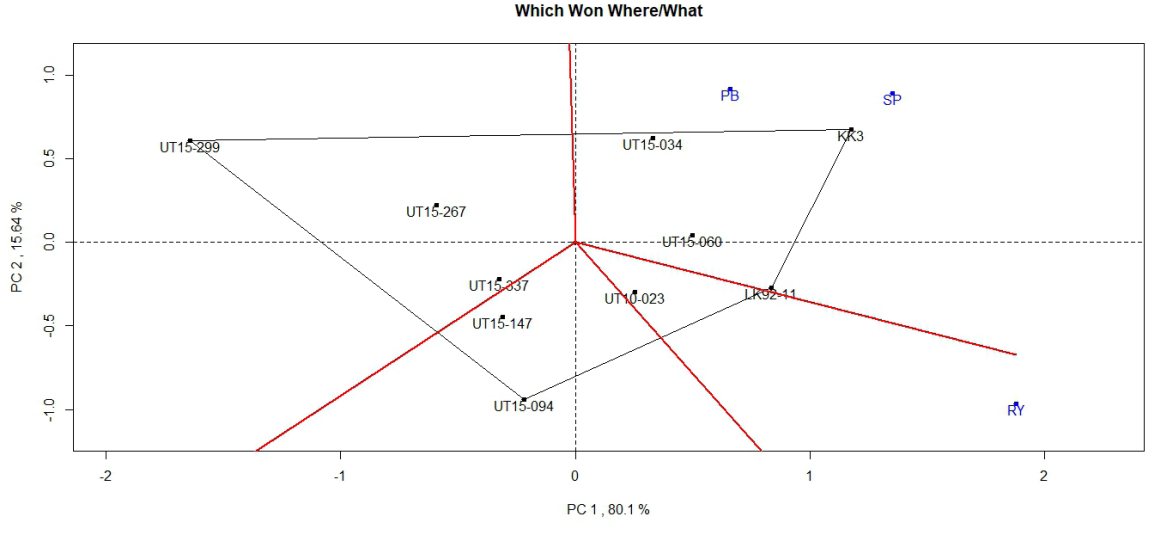


**Figure 6** The which-won-where view of the GGE biplot showing which varieties performed better in which environments for 8 cane clones and 2 cane varieties (KK3 and LK92-11)

แปลงจ.ระยอง ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 ทั้งนี้โคลน UT15-094 และ UT15-299 ไม่มีความดีเด่นในทุกแปลงทดสอบเช่นเดียวกับค่า CCS (Figure 6)

เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ปัจจัย (ผลผลิต CCS และผลผลิตน้ำตาล) พบว่า โคลน UT10-023 มีเสถียรภาพในด้าน ผลผลิต และผลผลิตน้ำตาล สอดคล้องกับ พิชัย และคณะ (2559) กล่าวว่า ลักษณะผลผลิตอ้อย มีความสัมพันธ์สูงในเชิงบวกกับลักษณะผลผลิตน้ำตาล เมื่อมีผลผลิตสูง ผลผลิตน้ำตาลจึงสูงด้วย ซึ่งโคลน UT10-023 มีเสถียรภาพสูงกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 คือสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมแบบกว้าง เมื่อปลูกในหลายสภาพแวดล้อม

## สรุปผลการทดลอง

จากการประเมินผลผลิต และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยโคลนอู่ทอง จำนวน 8 โคลน จากทั้ง 3 แปลงทดลอง พบว่า โคลน UT10-023 มีค่าเฉลี่ยผลผลิตอ้อย และผลผลิตน้ำตาลสูงสุด โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 22.36 ตัน/ไร่ และมีผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.81 ตัน CCS/ไร่ และจากการประเมินเสถียรภาพของโคลนอ้อยทดสอบ พบว่า โคลน UT10-023 มีความดีเด่นเช่นเดียวกับพันธุ์เปรียบเทียบขอนแก่น 3 โดยให้ค่าผลผลิตอ้อยเฉลี่ย 19.83 ตัน/ไร่ ผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.81 ตัน CCS/ไร่ อย่างไรก็ตาม โคลน UT10-023 มีเสถียรภาพในด้านผลผลิตน้ำตาลมากกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 นอกจากนี้ ยังมีโคลนที่มีความดีเด่นในลักษณะผลผลิตอ้อย และผลผลิตน้ำตาลรองลงมา แต่เสถียรภาพปานกลาง ได้แก่ โคลน UT15-337 ซึ่งเห็นได้ว่าโคลนอ้อยดีเด่นนี้สามารถนำไปปลูกได้ในหลายสภาพแวดล้อมโดยทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้น เป็นทางเลือกในการใช้พันธุ์อ้อยและเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร


## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ชูศักดิ์ จอมพุก ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ช่วยแนะนำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม R-stat ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี ที่ให้การสนับสนุนพื้นที่และบุคลากรในการทดลองจนงานวิจัยสำเร็จด้วยดี


## เอกสารอ้างอิง


กัลยา เข็มเพลีย เรวัต เลิศฤทัยโยธิน อภิวิชญ์ ทรงกระสินธุ์ และชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล. 2557. การเปรียบเทียบเสถียรภาพของพันธุ์อ้อยโดยวิธีวิเคราะห์ GGE ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมในอ้อยปลูกและอ้อยตอที่มีการจัดกลุ่มแปลงทดสอบพันธุ์. *ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* 3 (3) : 1–13.

เจตษฎา อุตรพันธ์ อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ ประกาย ราชณุวงษ์ ปาริชาติ พรมโชติ วิทยา จินดาหลวง ปิยะ ดวงพัตรา นพศูล สมุทรทอง สุเมศ ทับเงิน และจวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2559. การวิเคราะห์เสถียรภาพผลผลิตของสายพันธุ์ถั่วลิสงจากการทดสอบในหลายสภาพแวดล้อม. หน้า 430-437. *ใน*: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54 สาขาพืช. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ชูศักดิ์ จอมพุก.2559. วิธีวิเคราะห์ทางพันธุศาสตร์ปริมาณในการปรับปรุงพันธุ์พืช: ปฏิบัติการด้วย R. นีโอดิจิตอล, กรุงเทพ. 505 หน้า.

ทิวาพร กาฬภักดี เรวัติ เลิศฤทัยโยธิน และอภิวิชญ์ ทรงกระสินธุ์. 2558. การประเมินอิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อผลผลิตอ้อยและซีซีเอสในอ้อยตอชุดพันธุ์กำแพงแสน. *ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* 4 (2) : 1–13.

ประสิทธิ์ ใจศิล พัชรินทร์ ทรงศรี ณัฐวุฒิ จงรั้งกลาง จุฑามาศ เครื่องพาที และกุหลาบ สุตะภักดี. 2563. การประเมินโคลนอ้อยดีเด่นที่เหมาะสมกับแหล่งปลูกอ้อยทั่วประเทศ เฟส 3 (ระยะที่ 2). รายงานฉบับ สมบูรณ์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิชัย สารพงษ์ พัชรินทร์ ตัญญะ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2559. การศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำตาลและองค์ประกอบผลผลิตในพันธุ์อ้อยน้ำตาลและอ้อยพลังงานภายใต้สภาพน้ำฝน. หน้า 40-46. *ใน:* เรื่องเต็มการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 13. 8-9 ธันวาคม 2559. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

วราภรณ์ แย้มเอม. 2556. การใช้วิธี GGE biplot ตรวจสอบการตอบสนองของพันธุ์อ้อยต่อปัจจัยสภาพแวดล้อม. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 312 หน้า

วีระพล พลรักดี ทักษิณา ศันสยะวิชัย เพียงเพ็ญ ศรวัต เทวา เมาลานนท์ ปรีชา กาเพ็ชร และอุดม เลียบวัน. 2554. ขอนแก่น 3 พันธุ์อ้อยสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *ว.วิชาการเกษตร.* 29 (3): 283-301.

วัลลีย์ อมรพล พินิจ กัญญาศิลปิน ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศรีสุดา ทิพยรักษ์ และกอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2555. *แก่นเกษตร. 40 (พิเศษ 3)* : 141-148.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2564/65. กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม. 79 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564 . สถิติการส่งออก (Export). แหล่งข้อมูล: https://impexpth.oae.go.th/export. สืบค้น : 22 พฤษภาคม 2566

ศศิประภา นุตตโร และ เรวัติ เลิศฤทัยโยธิน. 2563. การวิเคราะห์เสถียรภาพของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน ชุดปี 2007 และ 2008 ด้วยวิธี GGE Biplot. *ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* 9 (3) : 14–29.

Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega–environment investigation based on GGE biplot. *Crop Sci.* 40: 597–605.